

***RETORNOS FINANCIEROS E IMPACTOS  
AMBIENTALES SIMULADOS DE CUATRO  
PRESCRIPCIONES SILVICULTURALES ALTERNATIVAS  
APLICADAS EN EL TROPICO AMERICANO: CASO DE  
ESTUDIO DEL BOSQUE CHIMANES, BOLIVIA***

Documento Técnico 33/1996

Mayo 1996

**RETORNOS FINANCIEROS  
E IMPACTOS AMBIENTALES SIMULADOS  
DE CUATRO PRESCRIPCIONES  
SILVICULTURALES ALTERNATIVAS  
APLICADAS EN EL TROPICO AMERICANO:  
CASO DE ESTUDIO DEL  
BOSQUE CHIMANES, BOLIVIA**

Proyecto BOLFOR  
Calle Prolongación Beni 149  
Santa Cruz, Bolivia

USAID Contrato: 511-0621-C-00-3027

Andrew F. Howard, Ph.D.,  
Catedrático Asociado,  
Facultad de Ingeniería Forestal,  
Universidad de British Columbia,  
Vancouver, Canadá

Richard E. Rice, Ph.D.,  
Director de Política Económica -  
Economía de la Conservación,  
Conservation International  
Washington D.C. - EE.UU.

R.E. Gullison, Ph.D.,  
Miembro del Grupo de Evaluación  
de Recursos Renovables  
Centro de Tecnología Ambiental  
Colegio Imperial de Ciencias, Tecnología y Medicina  
Londres, Inglaterra

Mayo, 1996

*BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y el Gobierno de Bolivia e implementado por  
Chemomics International, con la asistencia técnica de Conservation International,  
Tropical Research and Development y el Wildlife Conservation Society*

---

## LISTA DE CONTENIDO

---

	Página
RESUMEN EJECUTIVO	
SECCION I INTRODUCCION	I-1
SECCION II METODOS	II-1
A. Datos de Inventario	II-1
B. Prescripciones Silviculturales, Rendimientos y Alteración de Sitios	II-2
C. Costos de Producción y Valores Brutos y Netos de las Troncas	II-4
D. Retornos Financieros	II-5
SECCION III RESULTADOS Y DISCUSION	III-1
A. Datos de Inventario	III-1
B. Sostenibilidad: Rendimientos y Volumen Residual en Crecimiento	III-1
C. Costos de Producción y Valores Brutos y Netos de las Troncas	III-5
D. Retornos Financieros	III-6
E. Conclusiones	III-7
SECCION IV REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	IV-1
CUADROS	

---

## RESUMEN EJECUTIVO

---

El objetivo del presente estudio fue comparar el retorno financiero y el impacto ambiental de cuatro prescripciones silviculturales alternativas aplicadas a un área de muestra en el bosque Chimanes en Bolivia. Se estimaron el crecimiento y rendimiento de madera y el impacto ambiental durante un horizonte de planificación de cincuenta años, mediante la simulación de aplicación de prescripciones, utilizando un modelo de clases diamétricas. El retorno financiero de las cuatro prescripciones se estimó usando un análisis descontado de liquidez. La liquidez anual neta se calculó como el producto de los rendimientos de cada una de las tres clases de madera y del correspondiente promedio ponderado del valor neto de los árboles para la clase calculada, a partir de datos de costos de producción y precios del producto tomados de la bibliografía existente. En el Bosque Chimanes, las prescripciones silviculturales basadas en la corta altamente selectiva de una sola especie son substancialmente más rentables que las prescripciones que implican la corta de un amplio rango de especies, dados los precios relativos actuales de las especies comerciales y las tasas vigentes de interés. Todas las prescripciones demostraron ser altamente rentables, produciendo una tasa de retorno superior a la tasa promedio de retorno de las actividades comerciales en Bolivia durante los últimos ocho años. El impacto ambiental demostró ser mayor para las prácticas actuales que implican el aprovechamiento altamente selectivo con ciclos cortos de aprovechamiento. La construcción de caminos y el área total intervenida fueron mayores para las dos prescripciones basadas en la corta altamente selectiva, incluyendo las prácticas actuales. Independientemente de la prescripción elegida, las prácticas forestales deberán ser monitoreadas y controladas por una organización ajena a los concesionarios, sea ésta gubernamental o privada o quizás una combinación de ambas, con el fin de evitar la degradación de los bosques de producción.

---

## SECCION I

### INTRODUCCION

---

Las agencias de desarrollo de la comunidad internacional y varias organizaciones conservacionistas han propuesto un mayor compromiso con los principios del manejo forestal como un medio para combatir la deforestación, manteniendo la calidad ambiental, y conservar la diversidad biológica. Los gobiernos de los países desarrollados involucrados en el diseño y la ejecución de proyectos de ayuda esperan que con la práctica de un manejo forestal intensivo y sostenible, los sectores forestales de los países en vías de desarrollo puedan crecer y jugar un papel importante en el desarrollo económico sostenible de los mismos. Dichas agencias también reconocen los beneficios ambientales que resultan de la conservación de la cubierta boscosa en áreas extensas, incluyendo los bosques destinados a la producción de madera. Los conservacionistas, por otra parte, ven el manejo forestal intensivo como un medio para conservar los bosques, evitando su conversión a usos agrícolas, y para reducir la presión sobre parques y reservas ecológicas.

El grado de dificultad de la ejecución exitosa de alternativas a las prácticas actuales de aprovechamiento, depende del impacto que su adopción tenga en la rentabilidad de las empresas que dependen de la madera. El éxito de las prácticas alternativas de manejo, para la conservación de la diversidad biológica y de los beneficios ambientales que conllevan las áreas boscosas, depende del impacto físico de su aplicación sobre la vegetación, los suelos y la fauna, así como de la distribución espacial de los efectos. Si los métodos alternativos de manejo son más rentables, se puede esperar que los administradores de bosques adopten libremente las prácticas requeridas y, según los proponentes, protejan activamente las tierras forestales que éstos se adjudiquen. Por el contrario, si las prácticas alternativas producen una menor rentabilidad, particularmente a corto plazo, se puede esperar que los administradores de bosques se resistan a los esfuerzos para promover el cambio y se requerirá un compromiso mayor de cumplimiento de los principios y de la práctica de las opciones propuestas. Si las alternativas propuestas llevan a niveles y/o distribución inaceptables de impactos ambientales negativos, particularmente si éstos son peores a los producidos por las prácticas actuales, deberán plantearse opciones adicionales o en su defecto medios para la reducción del impacto de los métodos actuales.

El objetivo del presente estudio fue comparar el retorno financiero y el impacto ambiental de cuatro prescripciones silviculturales alternativas aplicadas en el área de muestra del bosque Chimanes en Bolivia. Dos de las prescripciones se diseñaron como distintas interpretaciones de las prácticas actuales; una en la que los madereros retornan a los rodales previamente aprovechados cada cinco años y otra en la que el tiempo de espera es de diez años. Las otras dos implican el aprovechamiento de mayores volúmenes por hectárea (más especies) en un área total más pequeña e incluyen la conservación de los árboles semilleros de las especies valiosas, lo cual se recomienda comúnmente como una alternativa deseable a las prácticas actuales que se desarrollan en los trópicos americanos. El documento está organizado de la siguiente manera. Primero se presentan los datos y métodos utilizados en el estudio, incluyendo el diseño y la simulación por computadora de las cuatro prescripciones y el análisis financiero aplicado a los rendimientos resultantes de madera. Luego se discuten los resultados de los análisis de rendimiento y sostenibilidad del aprovechamiento y el impacto ambiental, seguidos por una presentación de los

resultados del retorno financiero de la aplicación de las cuatro prescripciones. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

---

## SECCION II METODOS

---

### A. Datos de Inventario

Los datos de inventario se obtuvieron de un estudio en curso de los efectos de la intensidad del aprovechamiento de madera sobre la diversidad animal y vegetal del bosque de Chimanes, realizado por el tercer autor de este estudio. Los datos provienen de ocho transectas, espaciadas cada un kilómetro, la cuales fueron divididas en secciones de un kilómetro de largo. Se intercalaron alternadamente cinco parcelas de 20 x 500 m, ubicadas al azar en la base de la picada, donde se tomaron medidas detalladas de todos los ejemplares de mara (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) y palo maría (*Calophyllum brasiliense*) con un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 2.5 cm o mayor. Los datos recolectados incluyeron especies, DAP y altura a la primera rama, la cual se supone representa la altura comercial. Además, se ubicaron al azar cuarenta y dos subparcelas de 20 x 20 m dentro de las parcelas mayores, en las cuales se tomaron las mismas medidas de la vegetación arbórea con un DAP igual o mayor a los 10 cm.

Los datos de inventario fueron divididos en tres clases comerciales, basadas en el valor relativo y la demanda de las varias especies, de modo que los rendimientos de madera para cada clase puedan ser considerados separadamente. La primera clase consistió en tres especies: mara, cedro y palo maría. La segunda clase consistió en quince especies y la tercera en todas las especies restantes del inventario; las cuales constituían alrededor de 78 especies adicionales. Las especies de las Clases 1 y 2 se listan en el Cuadro 1.

Los datos de inventario se procesaron por clase comercial, según se requirió para proporcionar las ecuaciones usadas en el modelo de crecimiento de clase diamétrica elaborado por Howard y Valerio (1992), el cual fue utilizado para diseñar y simular la aplicación de las prescripciones silviculturales. Las ecuaciones para estimar el número de árboles por hectárea por clase diamétrica fueron acomodadas a los datos para cada una de las tres clases comerciales, usando la forma funcional exponencial negativa de deLiocourt (deLiocourt, 1898). Para las especies de la Clase 1, se acomodaron dos ecuaciones, una para árboles pequeños y una para árboles grandes, ya que una de las parcelas de datos mostró dos agrupaciones lineales discontinuas. La ecuación para estimar el volumen promedio por árbol según la clase diamétrica se tomó de un estudio reciente (JICA, 1989); la misma se muestra a continuación:

$$[1] \log V = 2.05334 \times \log \text{DAP} + 0.83153 \times \log \text{HC} - 4.21206$$

donde:

V = volumen del árbol (m<sup>3</sup>)  
DAP = diámetro a la altura del pecho  
HC = altura comercial (m)

## **B. Prescripciones Silviculturales, Rendimientos y Alteración de Sitios**

Se elaboraron cuatro prescripciones silviculturales para el estudio. Las dos primeras representan distintas interpretaciones de las prácticas actuales de corta que se llevan a cabo en Chimanes, las cuales generalmente implican la extracción de todos los fustes comerciales de las especies individuales o de grupos pequeños de especies en orden secuencial según el valor relativo. Las prescripciones difieren en cuanto al largo del ciclo de corta o al tiempo que los concesionarios esperan antes de entrar nuevamente a rodales previamente aprovechados para la segunda y posteriores cortas. En la práctica, el ciclo de corta puede variar en base a los cambios de valor entre las especies y a la situación de oferta y demanda de madera que encaran las compañías con derechos de corta. En las prescripciones 1 y 2 la corta se diseñó de modo que genere un rendimiento de 2.5 m<sup>3</sup>/ha para todas las entradas al bosque para el aprovechamiento.

En la prescripción 1, el ciclo de corta se fijó en cinco años, lo que significa que se hicieron diez entradas durante el horizonte de planificación de 50 años, asignando cinco entradas a cada rodal durante el horizonte de planificación. En las dos primeras prescripciones, toda la mara comercializable fue extraída en la primera corta. En la segunda corta se extrajo todo el cedro y el palo maría, además de un volumen suficiente de especies no especificadas de la Clase 2, para obtener un rendimiento de 2.5 m<sup>3</sup>/ha. Para las cortas restantes (3-10 en la prescripción 1 y 3-5 en la prescripción 2), la extracción continuó sólo en las especies de la Clase 2, a un nivel de volumen tomado por unidad de área aproximadamente igual a la de las dos primeras entradas. Se asumió que la regeneración de las cuatro clases diamétricas menores (troncas de Clase 2 y 3) durante cada período de crecimiento fue igual al volumen original. Las cortas para las prescripciones 1 y 2 fueron muy leves y se asumió que éstas se aproximaban a la formación natural de claros por caídas debidas al viento, la cual no produce una regeneración abundante tal como lo demuestra el inventario actual. Para las troncas de Clase 1, se asumió que la regeneración de las siete primeras clases fue de 50% del volumen original, debido a la eliminación de virtualmente todas las fuentes de semilla en las dos primeras cortas.

En la tercera y cuarta prescripciones, la corta se distribuyó en un amplio rango de especies con dos objetivos. Primero, la conservación de fuentes de semilla para todas las especies (especialmente mara) en un intento de promover la regeneración y segundo para incrementar los rendimientos por hectárea, lo cual permite la concentración de la producción en un área menor. La mayor intensidad de corta para estas dos opciones en comparación con las prescripciones 1 y 2 también crea claros más grandes, los cuales teóricamente promueven el establecimiento y crecimiento de la mara y el cedro. Las prescripciones 3 y 4 se elaboraron usando un modelo de crecimiento diamétrico diseñado para la utilización en bosques tropicales naturales (Howard y Valerio 1992). Para la prescripción 3 el objetivo fue obtener un rendimiento constante de 6.0 m<sup>3</sup>/ha por entrada y demorar lo más posible la corta de troncas de Clase 3, debido a que los mercados para estas especies no existen actualmente y por consiguiente cualquier corta de especies-miembro no sería comercial. En general las cortas siguieron el patrón utilizado en estudios computarizados recientes de prescripciones para bosques tropicales naturales (Howard y Valerio 1992, Howard 1993, Howard y Valerio 1996), en los cuales los árboles maduros (DAP > 60 cm) se extraen en tres entradas durante una fase de conversión seguida por una fase de mantenimiento en la que se aplica la selección de árboles individuales. En la fase de mantenimiento se diseñaron las cortas de modo que generen un rendimiento sostenible de 1.0

m<sup>3</sup>/ha en cada entrada para las especies de la Clase 2. El ciclo resultante de corta fue de diez años. Las cortas de la madera de la Clase 3 se hicieron necesarias en la tercera entrada (comenzando el año 21) con el fin de cubrir el requerimiento de 6.0 m<sup>3</sup>/ha. El límite diamétrico de corta se aplicó a la madera de la Clase 3 en las entradas 3-5 usando 70, 60 y 55 cm respectivamente, para las tres entradas. La regeneración posterior a cada corta en las cuatro clases diamétricas más pequeñas fue variada para las tres clases de madera, en base a la suposición de que las cortas favorecerían la regeneración de las especies deseadas mediante la conservación de fuentes de semilla y la creación de claros mayores. Se asumió que la regeneración fue cinco veces, el doble y 60% del volumen original para las Clases 1, 2 y 3 respectivamente. Es importante notar que no existe evidencia empírica que sustente estas suposiciones y que el medio dominante de regeneración de mara en el bosque Chimanes requiere de perturbaciones de mayor escala (Gullison, et. al. 1995).

Para la prescripción 4, se hicieron cortas en los tres grupos de especies comenzando con la entrada original (la corta de la madera de la Clase 3 no fue demorada), lo cual resultó en extracciones mayores por unidades de área en comparación con la prescripción 3. La prescripción se dividió en una fase de conversión y en otra de mantenimiento, tal como la prescripción 3. El largo de este ciclo de corta se cambió hasta obtener un rendimiento sostenible de madera durante la fase de mantenimiento para el rodal completo. El ciclo resultante de corta fue de diez años. No se intentó garantizar un rendimiento constante por hectárea entre las cortas, excepto durante la fase de mantenimiento (cortas 4 y 5). La regeneración posterior a cada corta de las cuatro clases diamétricas más pequeñas fue variada para las tres clases de madera, en base a la suposición de que las cortas favorecerían la regeneración de las especies deseadas, también mediante la retención de fuentes de semilla y la creación de claros mayores. Se asumió que la regeneración fue diez veces, el doble y 60% del volumen original para las Clases 1, 2 y 3 respectivamente. Esta es una prescripción ligeramente más optimista que la prescripción 3 con respecto al establecimiento de las especies de la Clase 1, debido a que se asumió que los claros serían más grandes por la mayor intensidad de corta y por lo tanto más ventajosos para la mara y el cedro.

El crecimiento y el rendimiento durante el horizonte de planificación de cincuenta años se estimaron mediante la aplicación simulada de las cuatro prescripciones usando el modelo de clase diamétrica. El modelo emplea clases diamétricas de 2.5 cm, comenzando con un diámetro de 2.5 cm. La mortalidad se mantuvo constante en un 2.0% anual para todas las clases diamétricas, cortas y prescripciones. Los rendimientos se tomaron en cuenta separadamente para cada una de las clases comerciales. Los rendimientos de madera se usaron en el análisis financiero en combinación con datos sobre costo de producción y precio del producto para generar la liquidez periódica de las cuatro prescripciones.

Se calcularon tres medidas de alteración de sitios relacionadas con la aplicación de las cuatro prescripciones: área total de bosque de producción requerida para cubrir una demanda anual fija, extracción total o impacto general sobre la vegetación leñosa y largo total de los caminos primarios de transporte. El impacto general sobre la vegetación leñosa se calculó usando las predicciones del modelo de clase diamétrica en cuanto al daño por unidad de volumen al bosque residual, los niveles de corta, el volumen apeado desperdiciado (sólo en la prescripción 4) y el área total aprovechada. También se estimó para las cuatro prescripciones la cantidad de caminos nuevos de acceso primario requerida en el primer ciclo de corta, en base al área total aprovechada y a las medidas de densidad de caminos provenientes de un estudio reciente

realizado en el bosque Chimanes (Gullison y Hardner 1993).

### **C. Costos de Producción y Valores Brutos y Netos de las Troncas**

Los estimados de costos de producción (fijos y variables) para la madera de consumo interno y de exportación se tomaron del trabajo de Rice y Howard (1995) e incluyeron todas las fases de aprovechamiento, manufactura, transporte y venta, así como los impuestos y otras obligaciones. Los costos variables reportados por dichos autores se incrementaron en un 15% (aproximadamente 4.8%/año) para estimar los costos actuales (1995) (los datos de Rice y Howard 1995 son del año 1992). Los costos fijos se usaron de forma directa al surgir éstos principalmente de la depreciación, la cual no está afectada, a corto plazo, por la inflación. En un estudio reciente terminado en 1995, sobre el aprovechamiento forestal en Bolivia, los costos de mano de obra, convertidos a dólares, fueron solamente alrededor de un 19% mayores durante tres años y los costos de combustible, también convertidos a dólares, declinaron en términos nominales. El promedio ponderado de costos de producción (para el mercado interno y de exportación) se calculó para cada especie suponiendo que se exporta un 80% de la producción de Clase 1 y que un 100% de las especies de las Clases 2 y 3 se venden en el mercado interno. Estas cifras se comparan favorablemente con las estadísticas publicadas por la Cámara Nacional Forestal (CNF) en 1992, sobre la exportación y la producción para el mercado interno de las especies de las Clases 1 y 2. Actualmente, no existen mercados para las especies de la Clase 3.

Los precios de madera de mara y cedro se obtuvieron de un boletín publicado por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT, 1995). No se dispuso de precios de exportación para palo maría, por lo que éstos fueron estimados asumiendo un recargo del 78% sobre los precios para el mercado interno, que equivale al excedente sobre el valor nominal calculado para el cedro. Los precios para las 14 especies con mercado interno, algunas de las cuales se presentaron en el inventario, fueron obtenidos mediante una encuesta telefónica y visitas efectuadas a 14 lugares de venta de madera en la ciudad de Santa Cruz. Los valores brutos por metro cúbico de tronca se calcularon de la siguiente manera. Primero, se calculó para cada especie un precio promedio ponderado para la madera vendida en el mercado interno, para madera "larga" (7 pies y mayor) y "corta", suponiendo una producción de 75% de piezas largas y de 25% de piezas cortas. Luego se restó un sobreprecio de venta al por menor del 25%, para estimar los precios al por mayor recibidos por los aserraderos de la zona de Chimanes. Estas cifras se convirtieron a dólares por miles de pies tablares (Mfb), usando una tasa de conversión de 4.79 bolivianos por dólar. Los precios de exportación se obtuvieron en dólares por lo que se usaron directamente. El promedio ponderado del valor bruto por metro cúbico de madera en tronca (para venta interna o exportación) se calculó para cada especie, usando las mismas suposiciones de producción para exportación y mercados internos aplicadas al cálculo de los costos de producción. El valor bruto por metro cúbico de madera en troza se calculó asumiendo 225 pies tablares por metro cúbico de troza para todas las especies.

Los valores netos de las troncas se calcularon simplemente como la diferencia entre los valores brutos y el promedio ponderado de los costos de producción. El valor neto representa la suma de las utilidades normales obtenidas por el concesionario más cualquier renta del recurso o valor residual no captado por los pagos de derecho de monte, expresado en metros cúbicos de tronca. En este sentido éstas son medidas del valor de los árboles en pie (derecho de monte) desde el punto de vista del concesionario promedio.

Para las dos primeras prescripciones, los valores netos de la mara se aplicaron directamente a los rendimientos de la primera entrada, ya que el aprovechamiento estuvo limitado a ésta sola especie para la primera corta. Se calculó un precio promedio ponderado para las especies de la Clase 1, tomado en la segunda corta (cedro y palo maría) en base a las proporciones relativas de las dos especies en el inventario original. Para las prescripciones 3 y 4, se aplicó un sólo precio a las troncas de la Clase 1, el cual se calculó usando las proporciones relativas por volumen de las tres especies que se muestran como pesos en el inventario. Para las especies de la Clase 2 cortadas en ambas prescripciones, los valores netos de madera en pie se promediaron para las cinco especies que tienen un valor neto positivo a precios actuales y se aplicaron a todos los rendimientos de la Clase 2 en todo el horizonte de planificación. Se asumió que las troncas de Clase 3 en la prescripción 4 fueron cortadas a pérdida con un costo de  $\$5/m^3$ , que es la tasa estándar de apeo (Rice y Howard 1995), en las dos primeras cortas (20 años). El año 21 se aprovecha un pequeño volumen de troncas de la Clase 3 en la prescripción 3, con el fin de mantener constante el rendimiento por hectárea. El valor neto de las especies de la Clase 3 se fijó como si fuese igual al valor neto de las especies de la Clase 2, para reflejar la posible aparición de un mercado que abarque una mayor variedad de especies. En la prescripción 4, el valor neto de las troncas de la Clase 3 durante los años 21-30 fue calculado como el promedio ponderado de los valores netos de la Clase 2 y  $-5/m^3$  (costo de la corta a pérdida) suponiendo que 30% de la corta total sea comercializable y que 70% se corte a pérdida. Comenzando con el año 31, el valor neto de las especies de la Clase 3 se fijó en un valor igual al valor neto de las especies de la Clase 2 para toda la madera cortada en esta clase en todas las prescripciones. Las prescripciones 3 y 4 requieren el aprovechamiento de las especies de la Clase 2 para todas las cortas incluyendo la primera, por lo que fue necesario asumir que se encontrarían mercados inmediatamente para estas especies. Esta suposición optimista podría exagerar ligeramente la rentabilidad de estas dos prescripciones.

#### **D. Retornos Financieros**

Los retornos financieros de las cuatro prescripciones se estimaron usando un análisis de liquidez descontada y un horizonte de planificación de 50 años. La liquidez anual neta se calculó simplemente como el producto de los rendimientos de cada clase de tronca para la corta respectiva por el promedio ponderado del valor de las troncas correspondiente a las especies o al grupo de especies. La liquidez neta se dedujo usando un rango de tasas reales de interés, que cubren la tasa promedio del período 1988-93 de aproximadamente 17.5% (Banco Central de Bolivia 1994). Las dos prescripciones se compararon en base a sus respectivos valores netos actuales (NPV en Inglés) total y por hectárea. Los valores por hectárea se calcularon dividiendo el NPV total por el área total requerida para abastecer un aserradero hipotético, la cual difiere substancialmente entre las cuatro prescripciones. El NPV total representa la perspectiva del

concesionario en la que la meta es maximizar el retorno sobre la inversión de una operación verticalmente integrada, la cual implica el cultivo de árboles y la manufactura de madera sujeta a límites de producción anual del aserradero. Como tal, representa una perspectiva basada en volúmenes. El NPV por hectárea compara la rentabilidad relativa de las dos prescripciones sólo desde la perspectiva del bosque, es decir, sujeta a limitaciones en el área dedicada a la producción de madera. En este sentido, se trata de un enfoque basado en el área. También se investigó la sensibilidad del NPV de las prescripciones 3 y 4 a los cambios en apeo y arrastre fijos y variables.

---

## SECCION III

### RESULTADOS Y DISCUSION

---

#### **A. Datos de Inventario**

En el Cuadro 2 se presentan las ecuaciones ajustadas de los tres grupos de especies para la predicción del número de árboles por clase diamétrica. La bondad de ajuste estadístico indica que todos los modelos son significativos a menos del 1% del nivel y que la alta proporción de varianza en los datos se explica por los modelos. La precisión de los modelos se incrementa al aumentar las clases de troncas debido a que la frecuencia de aparición en el inventario también se incrementa con este aumento (de clases de tronca).

#### **B. Sostenibilidad: Rendimientos y Volumen Residual en Crecimiento**

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la simulación de la prescripción 1. Las condiciones iniciales mostradas para cada tratamiento, con excepción del primero, son para el rodal una vez transcurridos cinco años de crecimiento después de la corta previa, incluyendo regeneración, crecimiento y mortalidad. Para esta prescripción, se muestran los resultados después de dos entradas (10 años) para que éstos sean coherentes con la presentación de resultados de las otras tres prescripciones. Los datos estadísticos resumidos sobre el volumen inicial del rodal (previo a la primera corta) se pueden comparar con los niveles reportados en lugares con baja calidad de otras zonas tropicales (Howard y Valerio 1996).

Se obtiene un rendimiento constante de 2.5 m<sup>3</sup> de la aplicación de la prescripción 1 según diseño. En la primera entrada el volumen entero proviene de la corta de mara; sin embargo, a partir de la corta 2 (no se muestran los resultados) no queda un volumen comercial de mara en crecimiento. En la segunda entrada, que se inicia el año 6, aproximadamente un 50% del volumen (1.24 m<sup>3</sup>/ha) se extrae de especies de la clase 2. Después de la segunda corta, el volumen comercial de todas las especies de la clase 1 queda totalmente agotado. En las entradas posteriores todo el volumen proviene de la clase comercial 2, exceptuando la corta final, en la que debe aprovecharse un volumen pequeño de árboles de la clase 3 para generar el volumen requerido.

Los cambios del volumen total en crecimiento durante el horizonte de planificación muestran una disminución constante para esta prescripción, a pesar de los volúmenes extremadamente bajos extraídos en cada entrada. El volumen en crecimiento después de diez ciclos representa 75, 64 y 60% del inventario original para el número de árboles, el área basal y el volumen por hectárea respectivamente. El patrón varía de cierta forma entre los grupos de especies. Las especies de las clases 1 y 2 muestran una disminución en las tres medidas durante los diez períodos. El volumen comercial en crecimiento de ambos grupos queda completamente agotado al finalizar el horizonte de planificación y el número de árboles por hectárea es aproximadamente 50% del volumen original. Claramente, la corta en estas dos clases comerciales no es sostenible. Las especies de la clase 3 también muestran una disminución en el

número de árboles por hectárea, pero el área basal y el volumen comercial aumentan ligeramente. El aprovechamiento en esta prescripción está limitado casi completamente a las especies de las clases 1 y 2, de modo que no es sorprendente observar que el volumen comercial en crecimiento se mantiene constante o aumenta ligeramente para las maderas de la clase 3. Se necesitará ampliar el horizonte de planificación para determinar si la corta continua al nivel prescrito ( $2.5 \text{ m}^3/\text{ha}$  cada cinco años) en las especies de la clase 3 es sostenible. A menos que estas especies tengan tasas de crecimiento significativamente más altas, es poco posible que esta prescripción sea sostenible a nivel de rodal, dada la evidencia de los árboles de las clases 1 y 2.

Los resultados de la simulación de la prescripción 2 se presentan en el Cuadro 4. Tal como en la prescripción 1, los rendimientos fueron constantes durante el horizonte de planificación a  $2.5 \text{ m}^3/\text{ha}$  según diseño. También como en la prescripción 1, en la primera entrada el volumen entero proviene de la corta de mara; sin embargo, comenzando con la corta 2, no queda volumen comercial de mara en crecimiento. En la segunda entrada, el volumen combinado de cedro y palo maría es insuficiente como para producir un volumen similar, por lo que se corta aproximadamente un 6% de los árboles con DAP de 40 cm o mayor de las especies de la clase 2 para compensar la diferencia. En las cortas tres, cuatro y cinco, se cortaron respectivamente 13.5; 15.5 y 18.5% del volumen comercial total de los árboles de la clase 2 con DAP mayor a 40 cm, lo que generó aproximadamente un volumen de  $2.5 \text{ m}^3/\text{ha}$  en cada entrada. No se requirió la corta de especies de la clase 3 para esta prescripción.

El cambio en nivel de volumen entre los tres grupos de especies varió de forma dramática. Después de dos cortas, el inventario comercial de madera de la clase 1 se agotó completamente. Después de cinco entradas, el volumen comercial y el área basal total se mantuvieron bajos y no cambiaron de manera apreciable entre la cuarta y quinta entradas, lo que sugiere pocas posibilidades de recuperación. El volumen de madera de la clase 2 se mantuvo relativamente constante después del primer período de corta y crecimiento, indicando que el daño causado por el aprovechamiento y la mortalidad natural igualaron al crecimiento neto de árboles residuales sobrevivientes. Los volúmenes disminuyeron con el inicio de la corta en esta clase. El volumen de madera de la clase 3 se incrementó durante el horizonte de planificación, al reflejarse el crecimiento, particularmente el de los árboles de tamaño comercial, en volúmenes mayores. El volumen global posterior al período final de crecimiento fue similar al del volumen original del rodal, aunque la composición de especies cambió favoreciendo a los árboles de la clase 3. El número de árboles, área basal y volumen comercial por hectárea del inventario final representan respectivamente 85, 82 y 94% de los valores iniciales. La ligera disminución en el número de árboles por hectárea se debe probablemente a la subestimación de la regeneración. La estabilidad relativa de la distribución diamétrica no es sorprendente, dada la baja intensidad de la corta.

Los resultados de la simulación de la prescripción 3 se muestran en el Cuadro 5. El rendimiento de madera de esta prescripción fue constante con  $6.0 \text{ m}^3/\text{ha}$  según diseño. La proporción de corta por hectárea en las especies de la clase 1 disminuyó de 23% a 14% durante las tres primeras cortas. En las dos entradas finales no se hicieron cortas en esta clase comercial. El rendimiento de las especies de la clase 2 se incrementó entre la primera y la segunda entrada, pero disminuyó entre la segunda y la tercera. En los dos tratamientos finales, el rendimiento de la clase 2 fue constante con alrededor de  $1.0 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Se requirió la corta de madera de la clase 3 al iniciarse la tercera entrada, para cubrir el requerimiento de  $6.0 \text{ m}^3/\text{ha}$ . La extracción de esta clase

comercial aumentó entre la tercera y cuarta corta, pero se mantuvo constante en las dos entradas finales, en las que representa más de un 82% del total.

Los cambios del volumen residual en crecimiento fueron menores con esta prescripción, vistos desde la perspectiva total del rodal. Después de cuatro cortas y períodos de crecimiento, el número total de árboles por hectárea aumentó hasta alcanzar un 105% del nivel original, mientras que el área basal y el volumen por unidad de área declinaron hasta aproximadamente 87 y 76% de los valores iniciales, respectivamente. El patrón en los grupos de especies es considerablemente diferente debido a las suposiciones en cuanto a los niveles relativos de regeneración entre los grupos. El volumen de la clase 1 aumentó con respecto al número de árboles y al área basal por hectárea. El volumen comercial disminuyó en más de un 70%. En los últimos períodos de crecimiento, todas las medidas de volumen de esta clase comercial disminuyeron uniformemente. El volumen de las especies de la clase 2 mostró un patrón algo distinto. El número de árboles por hectárea se mantuvo esencialmente constante durante este período, mientras que el área basal y el volumen comercial disminuyeron en un 40 y 51%. Gran parte de estas reducciones se produjeron en los tres primeros ciclos de corta y crecimiento, y en los dos últimos períodos el área basal y el volumen comercial parecen haberse estabilizado indicando un nivel sostenible de corta. El volumen en crecimiento de las especies de la clase 3 muestra otro patrón. El número de árboles por hectárea disminuyó ligeramente durante los cinco ciclos, mientras que el área basal y el volumen comercial se incrementaron. Esto se debe en gran parte a la demora en la corta de esta clase comercial hasta la tercera entrada. Una vez iniciada la corta, el área basal y el volumen comercial disminuyen entre las distintas entradas, aunque de forma lenta. Sería necesario un horizonte de planificación más largo para evaluar si los niveles de extracción observados en esta clase comercial son sostenibles.

Los resultados de la simulación de la prescripción 4 se muestran en el Cuadro 6. La extracción por hectárea en las tres primeras cortas produjo alrededor de 12 y 15 m<sup>3</sup>/ha de volumen total y entre 6 y 8 m<sup>3</sup>/ha de madera comercial o entre 2.4 y 3.2 veces el rendimiento comercial de las dos primeras prescripciones. El rendimiento comercial está limitado a las especies de las clases 1 y 2 para las dos primeras entradas, mientras que en la tercera corta se asume que 1.82 m<sup>3</sup> (30% del volumen cortado para esta clase) de la madera de la clase 3 es comercial. La madera de la clase 2 constituyó aproximadamente un 85% del rendimiento comercial en las dos primeras entradas. El volumen extraído de todas las clases declinó ligeramente con el número de cortas. El rendimiento de las especies de la clase 3 representó entre 45 y 50% de la corta total. El rendimiento total de las dos cortas finales constituyó cerca del 50% de la madera producida en el tratamiento final durante la fase de conversión y es comparable con el rendimiento sostenible aparente de la prescripción 3. El rendimiento de la clase 2 fue de 40% o menor que el generado en la fase de conversión, mientras que la producción en la clase 3 fue de 65% o menor que los valores por hectárea de las tres primeras entradas.

Los cambios de nivel de volumen entre los tres grupos de especies siguieron fundamentalmente el mismo patrón, disminuyendo durante los primeros treinta años al liquidarse la madera comercial. Las especies de la clase 1 comienzan a recuperarse durante el segundo período de crecimiento, indicado por el aumento en número de árboles y área basal entre las corta 2 y 3. Esto se debe enteramente a la suposición de un incremento diez veces mayor en la regeneración natural para esta clase, aplicado en esta prescripción y para el que no existe

sustentación empírica. Los volúmenes de todas las clases comienzan a aumentar después de la cuarta corta y continúan hasta el período final de crecimiento. Este patrón indica que el nivel de corta aplicado en los dos tratamientos finales puede ser sostenible perpetuamente. Los niveles finales de volumen para el rodal completo son aproximadamente un 94% del número original de árboles, 67% del área basal y 43% del volumen original. Estas cifras son comparables con las reportadas para una simulación de básicamente la misma prescripción en los bosques de Costa Rica (Howard, 1993).

El tamaño de concesión requerido para la aplicación de la prescripción 2 se calculó en 33.600 hectáreas, el cual es simplemente el número de hectáreas cortadas cada año ( $8.400 \text{ m}^3/2.5 \text{ m}^3/\text{ha} = 33.600 \text{ ha}$ ) multiplicado por el largo del ciclo de corta (diez años). Para investigar el impacto de entradas más frecuentes sobre el retorno financiero y alteración de sitios se asumió el mismo tamaño de concesión que para la prescripción 1. Las prescripciones 3 y 4 requieren un área substancialmente menor ( $8.400/6.0 \text{ m}^3/\text{ha} = 1.400 \text{ ha} \times 10 \text{ años} = 14.000 \text{ ha}$ ), o alrededor de 42% del área necesaria para las dos primeras prescripciones. Esto significaría que se otorgaría el doble del número de concesiones o que una cantidad considerablemente mayor de tierras boscosas estaría disponible para destinarse a otros usos tales como parques u otros tipos de áreas protegidas. Para ilustrar el caso, se consideraron ambas posibilidades para la comparación de retornos económicos e impactos ambientales.

El impacto general sobre la vegetación leñosa para las cuatro prescripciones se resume en el Cuadro 7. Los valores mostrados para la prescripción 1 incluyen el daño causado por las dos cortas que entran en el período de tiempo señalado en la columna 1. La prescripción 1 tiene, con mucho, el mayor impacto sobre la vegetación leñosa, casi el doble más que las otras opciones. La prescripción 4 es la siguiente en cuanto a destructividad, aunque sólo alrededor del 12% más que la prescripción 2, que a su vez causa cerca de un 18% más de daños que la prescripción 3. En base a esta comparación, los impactos causados por las prescripciones 3 y 4 están circunscritos a un área mucho más pequeña que el daño causado por las prescripciones 1 y 2 (14.000 ha comparadas con 33.600 ha).

Si el volumen anual aprovechado en la prescripción 1 se reduce a la mitad para que sea igual al volumen extraído en las otras tres prescripciones ( $8.400 \text{ m}^3$ ), esto significará que también se requerirá la mitad de bosque productivo (16.800 ha). Bajo esta suposición, la extracción total por aprovechamiento y daños en la prescripción 1 también se reducen a la mitad, lo cual cambia su rango de primera a tercera con respecto a daños a la vegetación leñosa. Esta situación llevaría esencialmente a la erradicación completa de las especies de las clases 1 y 2 según se modelaron; sin embargo, en este caso en sólo la mitad del área. Si el área de bosque destinada para la producción con las prescripciones 3 y 4 se fija en la misma superficie calculada para la prescripción 2 (33.600 ha), el impacto total sobre la vegetación leñosa aumenta a  $1.437.137 \text{ m}^3$  y  $1.909.474 \text{ m}^3$  respectivamente y sus rangos cambiarían a segunda y primera en cuanto a daños causados. Bajo esta suposición, la producción anual aumenta a  $20.160 \text{ m}^3$  para ambas prescripciones. En resumen, para una producción anual y un área total dadas de bosque productivo, la prescripción 4 causa el mayor impacto sobre la vegetación leñosa. Para un nivel dado de producción anual, la prescripción 3 causa la menor cantidad de daños y para un área total dada de bosque productivo el daño al bosque es menor con la prescripción 2.

Gullison y Hardner (1993) reportan que se requieren 4.993 km de caminos primarios de transporte para el acceso a una unidad de corte de 602 ha en el bosque Chimanes, es decir 0.008294 km/ha. Suponiendo requerimientos similares de desarrollo de infraestructura, las prescripciones 1 y 2 requerirían 280 km de caminos nuevos para el acceso a bosques primarios durante los primeros cinco y diez años respectivamente. Las entradas futuras presumiblemente usarían los mismos caminos. La prescripción 3 requeriría un total de 116 km durante el mismo período, lo que representa sólo alrededor de 40% de los caminos necesarios para las prescripciones 1 y 2. La prescripción 4 tiene requerimientos de construcción de caminos similares a las prescripción 3; sin embargo, la construcción estaría espaciada en un período mayor de tiempo, ya que se requiere una cantidad menor de hectáreas en las tres primeras entradas en comparación con la prescripción 3 debido al mayor volumen extraído por hectárea.

Si el área total de bosque de producción se iguala en todas las prescripciones hasta llegar al nivel supuesto para las prescripciones 1 y 2 (33.600 ha), se requerirían 280 km de caminos para las cuatro opciones. Si el aprovechamiento anual se divide en dos para la prescripción 1, sólo se necesitarían 140 km de caminos, comparados con 280 km para la prescripción 2 y 116 km para las prescripciones 3 y 4.

Los resultados del estimado de impacto ambiental de las cuatro prescripciones se pueden resumir de la siguiente manera: La prescripción 1 produce impactos extensivos e intensivos, la prescripción 2 produce impactos extensivos pero de intensidad relativamente baja y las prescripciones 3 y 4 producen impactos concentrados (no-extensivos), pero intensivos. Es muy probable que las prescripciones 3 y 4 tengan impactos significativos en cuanto a comunidades animales y vegetales dentro del área de bosque productivo; la prescripción 4 en mayor grado que la prescripción 3. Sin embargo, suponiendo un nivel fijo de producción anual, en los casos 3 y 4, se podría dejar sin tocar un área aproximadamente igual a la del bosque de producción, en la cual las comunidades de flora y fauna se preservarían intactas. La prescripción 1, según se modeló, podría también tener impacto significativo sobre las comunidades animales y vegetales, distribuido en este caso sobre un área de casi el doble de las opciones 3 y 4.

### **C. Costos de Producción y Valores Brutos y Netos de las Troncas**

En el Cuadro 8 se presentan los promedios ponderados de los costos de producción y de los valores de las troncas para los cuales se obtuvieron datos de precios. Los costos fijos anuales de un aserradero típico de la zona de Chimanes con una demanda anual de 8.400 m<sup>3</sup>/año se estimaron en \$280.140 o \$33.35/m<sup>3</sup> (Rice y Howard, 1995), los que incluyen construcción y mantenimiento de caminos y todos los costos fijos de las operaciones de aprovechamiento y aserrío. Los costos variables de producción difieren por especie de acuerdo con la proporción exportada de la producción. Los valores brutos varían considerablemente según la especie. Debido a los costos agregados de transporte y a la falta de demanda local de madera proveniente del bosque Chimanes, los valores brutos derivados de la recolección de datos de Santa Cruz (una de las ciudades de mayor tamaño y crecimiento del país) se podrían considerar optimistas. Se asumió un incremento al doble de los requerimientos de maquinaria para la prescripción 1; para ésta misma se asumió una demanda anual del doble de las otras prescripciones. En base a esta suposición, los costos fijos y variables expresados por unidad de volumen de producción se mantienen constantes.

El promedio ponderado de valores netos de troncas para las tres clases de madera y las cinco cortas se muestra en el Cuadro 9. Los pesos usados en los cálculos de precio para la clase 1 en las tres primeras cortas de las prescripciones 3 y 4 y la segunda entrada de las opciones 1 y 2 están basados en la proporción relativa de las varias especies presentes. La liquidez neta anual se calculó como el producto de los rendimientos de la madera por la corta y la clase de madera mostradas en los Cuadros 3-6 y los valores correspondientes para el valor neto de las troncas del Cuadro 9. Existen pequeñas diferencias debidas a errores de redondeo.

#### **D. Retornos Financieros**

En los Cuadros 10 y 11 se presentan los valores presentes totales y por hectárea para las cuatro prescripciones, con un rango de tasas de descuento. Los valores por hectárea están redondeados sin centavos. El NPV total para la prescripción 1 es aproximadamente 1.5, 5.0 y 7.0 veces el de las prescripciones 2, 3 y 4 respectivamente, dependiendo de la tasa de descuento utilizada. La prescripción 2 es aproximadamente 3.5 y 4.5 veces más rentable que las prescripciones 3 y 4 respectivamente y la prescripción 3 presenta una rentabilidad constante 1.3 veces mayor que la de la prescripción 4. Si la producción anual y el área total productiva de bosque se reduce a la mitad en la prescripción 1, para igualarla en cuanto a volumen, el NPV también disminuye en un 50%. Si bien esto baja de rango a esta alternativa, de primera a segunda, ésta aún se mantiene substancialmente más alta que las prescripciones 3 o 4. Los mayores NPV de las prescripciones 1 y 2 son en gran parte el resultado de los primeros cinco a diez años de corta en los que sólo se aprovecha la mara. En contraste, una proporción substancial de la madera aprovechada en los diez primeros años con las prescripciones 3 y 4 consiste en cedro, palo maría y otras especies, no valiosas. La liquidez neta anual no descontada para los primeros cinco años es 8.5 veces mayor en la prescripción 1 que en la prescripción 3 (\$3.462.817 comparados con \$407.232). En los quince años siguientes, la liquidez neta es en realidad mayor que en la prescripción 3; sin embargo, debido a las altas tasas de descuento vigentes en Bolivia, su efecto sobre el NPV es nulo.

Actualmente, los concesionarios del bosque Chimanes se encuentran libres para aprovechar madera como les plazca, ya que las autoridades forestales gubernamentales ejercen muy poco control sobre las actividades madereras. Dado un nivel anual fijo de producción igual a la capacidad de aserrío, los concesionarios maximizan el retorno mediante el aprovechamiento y el procesamiento de las especies más valiosas (actualmente sólo mara). De continuar la falta de control, se puede esperar por consiguiente que los concesionarios impongan prácticas de manejo basadas en la maximización de retornos anuales de los aserraderos. Esto significará la corta y posterior manufactura de la madera más valiosa cada año hasta cubrir la capacidad anual de los aserraderos, lo que a largo plazo resultará en la aplicación de la prescripción 1 o 2. Sí la opción 1 o 2 es una representación exacta de los resultados a largo plazo, depende del tamaño de la concesión, la distribución espacial de especies y la capacidad anual de los aserraderos. Bajo ninguna circunstancia las prescripciones 3 o 4 pueden competir económicamente con las prácticas actuales si se comparan en base a volumen.

Las cuatro prescripciones se igualaron con respecto al área mediante el cálculo de NPVs por hectárea. Sí se comparan en este sentido, las prescripciones 3 y 4 compiten de manera más favorable con las prácticas actuales de corta; sin embargo, el método actual aún goza de una ventaja substancial en cuanto a rentabilidad. Estos resultados indican que aún si la misma superficie de bosque necesaria para las prácticas actuales para proveer un volumen anual fijo se dedicara a la producción de madera y se aplicara la prescripción 3 o la 4, ninguna de las alternativas competiría económicamente. En otras palabras, vistas desde el punto de vista del aserradero o del bosque, las prácticas actuales de corta son económicamente superiores con un amplio margen a las alternativas comúnmente recomendadas. Las prescripciones 3 y 4 han demostrado su rentabilidad, produciendo una tasa de retorno superior a la tasa promedio de retorno real de las actividades comerciales en Bolivia en años recientes; pero éstas no pueden competir con las enormes ganancias obtenidas a través de los métodos actuales, altamente selectivos, de corta. Estos resultados explican el comportamiento de los concesionarios del Bosque Chimanes.

Para probar la sensibilidad de los resultados al ahorro potencial de costos producto del manejo más intensivo (prescripciones 3 y 4), los costos de apeo y arrastre se redujeron en un 30% (disminución total de \$5.04/m<sup>3</sup>) lo que implica un aumento del 30% en la tasa de producción de ambas fases. Esto produjo un incremento de cerca del 14% en los NPVs de las dos prescripciones. Los NPVs totales y por hectárea para las prescripciones 1 y 2 son substancialmente mayores que para la prescripción 3 o la 4. Los incrementos en la productividad de apeo se deberían exclusivamente a las menores distancias (tiempo) entre árboles debidas a la mayor densidad de árboles cortados en cada entrada, lo que normalmente representa sólo una pequeña fracción del ciclo total de trabajo. Los incrementos en la productividad de arrastre se deberían a las menores distancias de arrastre y al mayor tamaño de las cargas. Las cargas dadas son típicamente de una o dos troncas, siendo el último caso poco frecuente. Asumiendo una distribución espacial uniforme de troncas, sólo se darían distancias menores de arrastre si los caminos estuvieran menos espaciados debido a una mayor corta por hectárea (el espaciamiento económicamente óptimo de caminos de transporte es proporcional a la raíz cuadrada del volumen inverso cortado por hectárea). Las distancias menores de arrastre sólo afectan el desplazamiento de los componentes, cargados o vacíos, de arrastre, los cuales pueden representar conjuntamente hasta 50% del ciclo total de trabajo. Por consiguiente, una reducción del 50% en la distancia promedio de arrastre (aproximadamente la raíz cuadrada de la proporción inversa del volumen cortado por hectárea entre las prescripciones 1 y 4 en la primera corta) produciría una reducción del 25% en el tiempo de ida y vuelta y una disminución similar en costos. Para ambas fases, una reducción de costos del 30% puede considerarse como una posible mejora positiva.

## **E. Conclusiones**

En el bosque Chimanes, las prácticas actuales de corta son substancialmente más rentables en base a volumen y área fijos que las alternativas que tratan de promover la regeneración de mara e incrementar el rendimiento por hectárea, dados los precios relativos actuales entre las especies comerciales y las tasas vigentes de interés. Estos resultados son coherentes con la observación de que los concesionarios, ante la falta de control, actualmente practican la corta altamente selectiva de una sola especie valiosa (mara) y reinvierten en capacidad adicional, lo que lleva a un

agotamiento más acelerado de los recursos madereros. Para ellos otro tipo de conducta sería irracional en términos económicos. Las prescripciones silviculturales alternativas basadas en la utilización de un mayor número de especies y en la concentración de la corta en un área más reducida aplicadas al bosque Chimanes, son altamente rentables en comparación con otras inversiones comerciales en Bolivia. Sin embargo, su adopción voluntaria por parte de los concesionarios es poco factible ante las mayores ganancias posibles, gracias a las prácticas actuales. Debido a que los métodos alternativos producen menores ganancias, se requerirá un compromiso serio de ejecución para lograr cambios en el *status quo*. Hasta la fecha, no existe este tipo de dedicación en Chimanes o en Bolivia.

Bajo ciertas condiciones, las prescripciones alternativas modeladas en el presente estudio causan menor impacto ambiental que la prácticas actuales de aprovechamiento. Con las opciones aquí investigadas, la corta requerida para cubrir una demanda fija se podrá concentrar en un área mucho más reducida, lo que significa menos caminos y menor daño general al bosque residual. La cantidad reducida de caminos podrá contribuir a controlar la colonización, aunque la presión de este tipo aún no constituye una amenaza seria en el bosque Chimanes.

Las prácticas actuales de aprovechamiento no son sostenibles desde el punto de vista de los rodales en su totalidad o de los niveles de volumen en crecimiento de las especies individuales. La corta altamente selectiva es sostenible a nivel de rodal, sólo cuando el bosque dispone de tiempo suficiente para recuperarse (diez años en este estudio). Bajo ninguna circunstancia las prácticas actuales de aprovechamiento llevan a la producción sostenible de todas las especies. Ante la falta de monitoreo y control, los madereros se encuentran libres de entrar a rodales previamente aprovechados para explotar otras especies y sin duda así lo harán si se pueden lograr ganancias mayores, como se muestra en el presente estudio, o si los volúmenes de las especies valiosas se agotan. Las prácticas actuales de corta también abren una mayor superficie de bosque a los avances de la colonización por unidad de tiempo, que las alternativas aquí investigadas, debido a que es necesario abrir una mayor cantidad de caminos de acceso a la madera para cubrir una demanda anual fija.

Sin importar si la madera se aprovecha de forma secuencial de acuerdo al valor relativo de las especies o si las cortas se hacen extrayendo un amplio rango de especies, las prácticas forestales deberán ser monitoreadas y controladas por una organización gubernamental o privada o quizás una combinación de ambas. Los bosques se encuentran bajo el riesgo de serios daños ambientales y degradación de su capacidad para la producción de madera comercial debido a la ausencia de mecanismos de regulación. Si bien el debate sobre el sistema silvicultural preferido y las prescripciones adecuadas continuará, la planificación a nivel de bosque de las tasas permisibles de corta deberá aplicarse asumiendo el método más factible y deberán hacerse cumplir las cantidades calculadas. La clave para el éxito del desarrollo sostenible en esta escala espacial radica en equilibrar el tamaño y la productividad de la superficie de bosque de producción otorgada a una empresa procesadora con su demanda anual de madera, asegurando el cumplimiento de las cuotas anuales de producción. En otras palabras, no se puede permitir que únicamente la economía dicte las prácticas aplicadas en los bosques; la economía sólo debe indicar el grado en que los gobiernos o las personas particulares deben mediar entre intereses que compiten.

---

**SECCION IV**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

---

- Banco Central de Bolivia, 1994. Boletín Estadístico No. 283. La Paz, Bolivia.
- CNF, 1993. Estadísticas de Aprovechamiento, Exportación y Comercialización Nacional de Productos Forestales. Cámara Nacional Forestal, Santa Cruz, Bolivia, 151 pgs.
- deLiocourt, F. 1898. De'lam. Referencia tomada de Meyer (1952).
- Gullison, R.E., Vriesendorp, C. y Lobo, A. 1995. Large-Scale Forest Disturbance Caused by Episodic Flooding and Alluvial Deposition Promotes the Regeneration of *Swietenia Macrophylla*, King in the Bolivian Amazon. Manuscrito no publicado, Depart. de Ecología y Medio Ambiente. Biol., Univ. de Princeton, NJ, 47 pgs.
- Gullison, R.E. y Hardner, J.J. 1993. The Effects of Road Design and Harvest Intensity on Forest Damage Caused by Selective Logging: Empirical Results and a Simulation Model from the Bosque Chimanes, Bolivia. *Forest Ecology and Management* 15:1-14.
- Howard, A.F. y Valerio, J. 1992. A Diameter Class Growth Model for Assessing the Sustainability of Silvicultural Prescriptions in Natural Tropical Forests. *Commonwealth Forestry Review* 71(3/4):171-177.
- Howard, A.F. 1993. A Comparison of Three Silvicultural Prescriptions for Natural Tropical Forests Using Computer Simulation. *Commonwealth Forestry Review* 72(2):122-125.
- Howard, A.F. y Valerio, J. 1996. Financial Returns from Sustainable Forest Management and Selected Agricultural Land-Use Options in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* (en prensa), manuscrito 34 pgs.
- International Tropical Timber Organization, 1995. Market News Service, Inf. No. 43, 21 de junio de 1995, Ginebra, Suiza.
- Japan International Cooperation Agency JICA, 1989. The Forest Resources Management Study in Iturrealde, La Paz, Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Meyer, H.A. 1952. Structure, Growth, and Drain in Balanced Uneven-aged Forests. *Jour. of Forestry*, 50:85-92.
- Panfil, S.N. y Gullison, R.E. 1994. Assessing the Impact of Timber Harvest Intensity on Forest Structure and Biodiversity in The Bosque Chimanes, Bolivia. Manuscrito no publicado, 9 pgs.

Rice, R. y Howard, A.F. 1995. Profitability in the Forest Sector of Bolivia: A Case Study of the Chimanes Forest. Facultad de Ingeniería Forestal de la Univ. de British Columbia, Vancouver. Manuscrito no publicado, 37 pgs.

## Cuadro 1

### Especies de las Clases Comerciales 1 y 2

	Género	Especie	Autor	Nombre común
<b>Clase 1</b>				
	Calophyllum	brasiliense	Camb.	palo maría
	Swietenia	macrophylla	King	mara
	Cedrela	odorata	L.	cedro
<b>Clase 2</b>				
	Spondias	mombin	L.	cedrillo
	Cordia	alliodora	(R&P) Oken.	picana negra
	Licania	britteniana	Fritsch	sequé
	Terminalia	amazonica	(J.Gmelin) Exell	verdolago
	Terminalia	oblonga	(Ruiz López & Pavón) Steudel	verdolago amarillo
	Sloanea	guianensis	(Aubl.) Benth.	urucusillo
	Hura	crepitans	L.	ochoó
	Hyeronima	alchorneoides	Allemão	urichinia
	Inga	ingooides	(Rich.) Willd	pacay cola de mono
	Swartzia	jorori	Harms	jorori
	Ficus	killipi	Standley	bibosi
	Poulsenia	armata	(Miq.) Standl.	corocho
	Pseudolmedia	laevis		nuí
	Calycophyllum	spruceanum	Hook, f.	guayabochi
	Luehea	cymulosa	spr. ex Benth	

## Cuadro 2

### Ecuaciones de Distribución Diamétrica para Cuatro Clases de Madera Comercial

Clase	Constante	Coefficiente para dap	Tamaño de la muestra	r <sup>2</sup> ajustado	Error estándar
<b>Clase 1</b>					
árboles < 17.5 cm dap	0.838	-0.0537	7	0.968	0.0525
árboles > 17.5 cm dap	-0.105	-0.0124	23	0.752	0.3010
<b>Clase 2</b>	1.551	-0.0218	16	0.859	0.2330
<b>Clase 3</b>	2.466	-0.0419	12	0.890	0.3020

**Cuadro 3**  
**Estadísticas Resumidas para la Simulación de la Prescripción 1**

<i>Corta #1, años 1-5</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Inventario inicial				
árboles/ha	8	87	260	355
Area basal (m2/ha)	0.84	6.59	9.48	16.91
Volumen (m3/ha)	3.96	23.75	19.15	46.85
aprovechamiento (m3/ha)	2.49	0.00	0.00	2.49
daños (m3/ha)	0.04	0.78	0.93	1.75
<i>Corta #3, años 11-15</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	71	236	311
Area basal (m2/ha)	0.12	5.80	9.17	15.09
Volumen (m3/ha)	0.19	21.96	20.68	42.82
aprovechamiento (m3/ha)	0.00	2.50	0.00	2.50
daños (m3/ha)	0.01	0.65	1.00	1.66
<i>Corta #5, años 21-25</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	59	227	290
Area basal (m2/ha)	0.13	4.40	9.15	13.68
Volumen (m3/ha)	0.22	16.50	22.42	37.54
aprovechamiento (m3/ha)	0.00	2.51	0.00	2.51
daños (m3/ha)	0.01	0.47	1.06	1.54
<i>Corta #7, años 31-35</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	50	226	280

<i>Corta #1, años 1-5</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Area basal (m2/ha)	0.14	3.14	9.33	12.61
Volumen (m3/ha)	0.26	11.05	24.40	35.72
aprovechamiento (m3/ha)	0.00	2.54	0.00	2.54
daños (m3/ha)	0.02	0.32	1.08	1.41
Corta #9, años 41-45				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	44	225	273
Area basal (m2/ha)	0.14	2.04	9.44	11.63
Volumen (m3/ha)	0.31	5.95	25.58	31.83
aprovechamiento (m3/ha)	0.00	2.53	0.00	2.53
daños (m3/ha)	0.02	0.17	1.06	1.25
Inventario final, años 51-55				
árboles/ha	4	40	224	268
Area basal (m2/ha)	0.13	1.13	9.52	10.80
Volumen (m3/ha)	0.34	1.56	26.12	28.02

**Cuadro 4**  
**Estadísticas Resumidas para la Simulación de la Prescripción 2**

<i>Corta #1, años 1-10</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Inventario inicial				
árboles/ha	8	87	260	355
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.84	6.59	9.48	16.91
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	3.96	23.75	19.15	46.85
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	2.49	0.00	0.00	2.49
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.04	0.78	0.93	1.75
<i>Corta #2, años 11-20</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	5	75	247	327
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.37	6.25	9.66	16.28
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	1.41	23.73	21.55	46.69
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	1.26	1.22	0.00	2.49
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.01	0.70	1.03	1.75
<i>Corta #3, años 21-30</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	66	241	311
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.13	5.56	9.90	15.60
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.20	21.58	23.89	45.67
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	2.52	0.00	2.52
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.01	0.59	1.12	1.73
<i>Corta #4, años 31-40</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	59	240	303
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.14	4.74	10.24	15.13
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.25	18.36	26.36	44.97

<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	2.51	0.00	2.51
<b><i>Corta #1, años 1-10</i></b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.02	0.49	1.20	1.71
<b><i>Corta #5, años 41-50</i></b>				
Inventario inicial				
árboles/ha	4	55	242	301
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.16	4.02	10.63	14.80
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.32	15.30	28.73	44.35
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	2.51	0.00	2.51
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.02	0.40	1.26	1.68
<b><i>Inventario final, años 51-60</i></b>				
árboles/ha	4	51	245	300
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.17	3.38	11.10	14.65
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.39	12.35	31.18	43.92

**Cuadro 5**  
**Estadísticas Resumidas para la Simulación de la Prescripción 3**

<i>Corta #1, años 1-10</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Inventario inicial				
árboles/ha	8	87	260	355
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.84	6.59	9.48	16.91
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	3.96	23.75	19.15	46.85
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	1.42	4.57	0.00	5.99
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.06	1.03	1.20	2.29
<i><b>Corta #2, años 11-20</b></i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	29	84	248	362
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.85	5.55	9.75	16.15
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	2.35	19.59	21.74	43.68
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	1.08	4.91	0.00	6.00
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.04	0.93	1.37	2.35
<i><b>Corta #3, años 21-30</b></i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	33	83	245	361
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.78	4.62	10.13	15.53
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	1.22	15.38	24.60	41.20
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.88	3.39	1.82	6.09
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.03	0.83	1.55	2.41
<i><b>Corta #4, años 31-40</b></i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	35	84	244	364
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.77	4.06	10.29	15.12

<i>Corta #1, años 1-10</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.38	12.73	25.92	39.03
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	1.05	4.99	6.04
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.03	0.79	1.59	2.41
<i>Corta #5, años 41-50</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	38	86	245	369
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.93	4.01	9.94	14.89
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.56	12.23	24.33	37.11
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	1.05	4.92	5.97
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.04	0.74	1.56	2.34
<i>Inventario final, años 51-60</i>				
árboles/ha	39	88	245	373
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.09	3.99	9.66	14.74
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	1.13	11.52	22.78	35.43

**Cuadro 6**  
**Estadísticas Resumidas para la Simulación de la Prescripción 4**

<i>Corta #1, años 1-10</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Inventario inicial				
árboles/ha	8	87	260	355
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.84	6.59	9.48	16.91
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	3.96	23.75	19.15	46.85
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	1.42	6.67	6.82*	14.91
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.25	2.67	2.18	5.10
<i>Corta #2, años 11-20</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	56	78	215	349
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.19	4.86	8.08	14.13
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	2.24	16.71	15.15	34.10
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	1.06	5.72	6.41*	13.19
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.16	2.06	1.80	4.03
<i>Corta #3, años 21-30</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	66	78	180	324
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.34	3.67	6.92	11.93
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	1.07	11.32	12.61	25.00
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.80	5.14	6.18**	12.12
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.06	1.45	1.59	3.10
<i>Corta #4, años 31-40</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	72	77	157	306

<i>Corta #1, años 1-10</i>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>	<b>Totales</b>
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	1.58	2.77	5.84	10.19
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	0.34	6.75	10.72	17.80
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	2.09	4.07**	6.16
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.04	0.58	0.88	1.50
<i>Corta #5, años 41-50</i>				
Inventario inicial				
árboles/ha	79	85	159	323
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	2.07	2.84	5.84	10.75
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	1.63	5.67	11.66	18.96
<b>aprovechamiento (m<sup>3</sup>/ha)</b>	0.00	2.18	3.85**	6.03
daños (m <sup>3</sup> /ha)	0.20	0.40	0.92	1.52
<i>Inventario final, años 51-60</i>				
árboles/ha	84	91	161	335
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	2.55	2.93	5.89	11.37
Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	3.47	4.60	12.08	20.15

**Cuadro 7**  
**Impacto de Cuatro Prescripciones Silviculturales sobre la Vegetación Leñosa (m<sup>3</sup>)**

----- Prescripción -----									
Años	1		2		3		4		
	Daños	Extracción total	Daños	Extracción total	Daños	Extracción total	Daños	Corta desperd.	Extracc. total
1-10	116592	284592	58800	142800	32070	116070	52933	70833	207765
11-20	109536	277536	58800	142800	32857	116857	49914	79495	213409
21-30	101472	269472	58128	142128	47437	131437	33563	47168	164730
31-40	92400	260400	57120	141120	33533	117533	20514	0	104514
41-50	80976	248976	56112	140112	32910	116910	21195	0	105195
<b>Total</b>	<b>500976</b>	<b>1340976</b>	<b>288960</b>	<b>708960</b>	<b>178807</b>	<b>598807</b>	<b>178119</b>	<b>197495</b>	<b>795614</b>

**Cuadro 8**  
**Costos de Producción y Valores de Troncas para 17 Especies Comerciales en Bolivia**

<b>Especies</b>	<b>Valor bruto \$/m<sup>3</sup></b>	<b>Costos Variables \$/m<sup>3</sup></b>	<b>Contr. al Margen \$/m<sup>3</sup></b>	<b>*Costos Fijos \$/m<sup>3</sup></b>	<b>Valor Neto \$/m<sup>3</sup></b>
Mara	362.78	123.31	239.47	33.35	206.12
Cedro	254.48	117.74	136.75	33.35	103.40
Palo maría	161.54	113.88	47.66	33.35	14.31
Cuchi	156.70	86.04	70.66	33.35	37.31
Almendrillo	138.57	86.04	52.53	33.35	19.18
Ajunao	134.34	86.04	48.30	33.35	14.95
Paquio	131.52	86.04	45.48	33.35	12.13
Tajibo	129.65	86.04	43.60	33.35	10.25
Verdolago	119.12	86.04	33.08	33.35	-0.27
T. amarilla	118.47	86.04	32.42	33.35	-0.93
Amarillo	114.61	86.04	28.57	33.35	-4.78
Jichituriqui	112.73	86.04	26.69	33.35	-6.66
Sirari	110.86	86.04	24.81	33.35	-8.54
T. colorada	110.86	86.04	24.81	33.35	-8.54
Curupaú	95.82	86.04	9.78	33.35	-23.57
Yesquero	82.67	86.04	-3.37	33.35	-36.72
Ochoó	48.85	86.04	-37.19	33.35	-70.54

**Cuadro 9**  
**Promedio Ponderado de Valores Netos de Troncas**

Tratamiento/ Clase	Prescripción			
	1	2	3	4
1era Corta				
Clase 1	206.12	206.12	144.12	144.12
Clase 2	NA	NA	18.76	18.76
Clase 3	NA	NA	NA	-5.00
2da Corta				
Clase 1	29.63	29.63	29.63	144.12
Clase 2	18.76	18.76	18.76	18.76
Clase 3	NA	NA	NA	-5.00
3era Corta				
Clase 1	NA	NA	NA	144.12
Clase 2	18.76	18.76	18.76	18.76
Clase 3	NA	NA	18.76	2.00
4ta Corta				
Clase 1	NA	NA	NA	NA
Clase 2	18.76	18.76	18.76	18.76
Clase 3	NA	NA	18.76	18.76
5ta Corta				
Clase 1	NA	NA	NA	NA
Clase 2	18.76	18.76	18.76	18.76
Clase 3	NA	NA	18.76	18.76
6ta-10ma Cortas				
Clase 1	NA	NA	NA	NA
Clase 2	18.76	NA	NA	NA
Clase 3	18.76	NA	NA	NA